

# Efek hipokolesterolemik dan hipoglikemik pati-garut butirat pada tikus *Sprague Dawley*

## Hypocholesterolemic and hypoglycemic effects of butyrylated arrowroot starch on *Sprague Dawley* rats

Damat <sup>1,\*</sup>, Y. Marsono <sup>2)</sup>, Haryadi <sup>2)</sup> dan M.N. Cahyanto <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Muhammadiyah Malang

<sup>2)</sup> Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

### Abstrak

Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan data efek hipokolesterolemik dan hipoglikemik pati-garut butirat pada tikus. Penelitian dilakukan dengan menggunakan 30 ekor tikus *Sprague Dawley* yang dibagi dalam 5 kelompok. Setiap kelompok diberi pakan yang berbeda yang mengandung pati-garut butirat dengan derajat substitusi yang berbeda (DS 0; 0,053; 0,120 dan 0,187) dan pakan standar AIN93. Pada hari ke-34 tikus dieutanasi, diambil darahnya, kemudian dilakukan analisis terhadap LDL kolesterol, HDL kolesterol, trigliserida, total kolesterol, dan kadar gula darah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tikus yang diberi pakan pati-garut butirat memiliki LDL kolesterol, trigliserida, kolesterol total dan kadar gula darah yang lebih rendah sedangkan HDL kolesterolnya lebih tinggi bila dibandingkan dengan yang diberi pakan standar AIN93. Makin tinggi derajat substitusi makin efektif terhadap semua parameter analisis. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pati-garut butirat bersifat hipokolesterolemik dan hipoglikemik.

**Kata kunci:** Pati-garut butirat, hipokolesterolemik, hipoglikemik

### Abstract

The aim of research is to investigate the hypocholesterolemic and hypoglycemic effects of butyrylated arrowroot starch in rat. The study was carried out using 30 *Sprague Dawley* rats which were divided into 5 groups of six rats. Each group was fed with different diets, i.e. diet containing butyrylated arrowroot starch with different degrees of substitution (DS of 0; 0.053; 0.120 and 0.187) and standard diet (AIN93). After 34 days feeding, the rats were killed and the blood was taken and analyzed for total cholesterol, triglyceride, LDL cholesterol, HDL cholesterol, and glucose concentrations. The result showed that rats fed with diet containing butyrylated arrowroot starch had lower concentration of total cholesterol, LDL cholesterol, glucose, and triglyceride, but the HDL cholesterol concentration was higher than those fed with arrowroot starch and standard diet AIN93. The higher the degree of substitution of the starch in the diet gave improved on those parameters. Butyrylated arrowroot starch has hypocholesterolemic and hypoglycemic effect.

**Key word:** Butyrylated arrowroot starch, hypocholesterolemic, hypoglycemic

### Pendahuluan

Konsentrasi kolesterol yang tinggi di dalam serum darah merupakan salah satu faktor resiko terjadinya penyakit kardiovaskular (Cheng and Lai, 2000). Kadar kolesterol di dalam darah dipengaruhi oleh berbagai faktor

diantaranya jumlah dan macam intake lemak, asupan serat pangan, olahraga dan sebagainya. Penurunan kolesterol dapat dilakukan dengan terapi diet. Beberapa jenis serat pangan dan pati resistan dapat menurunkan konsentrasi LDL kolesterol, baik pada volunteer yang normal

maupun yang mengalami hiperlipidemik. Karena itu mengkonsumsi makanan kaya pati resistan dalam jumlah yang cukup dapat memberikan efek yang menyehatkan bagi tubuh.

Pati termodifikasi (pati resistan) sulit dicerna dan diabsorpsi di dalam usus halus, karena adanya fraksi yang disebut pati tahan cerna (RS) (Englyst *et al.* 1992). Pati termodifikasi memiliki ciri lebih sulit dicerna oleh enzim karena perubahan struktur beberapa satuan glukosa pada molekul pati (Haryadi, 2003). Kecernaan pati termodifikasi yang rendah memungkinkan respons glikemik yang rendah sehingga memiliki IG (indeks glikemik) rendah.

Umbi garut memiliki IG yang rendah yaitu 14 (Marsono, 2002). Namun pengolahan dapat merubah IG. Hasil penelitian menunjukkan bahwa IG pati garut kukus, pati garut panggang, tepung garut kukus dan tepung garut panggang, masing-masing adalah 82, 88, 70 dan 37 (Marsono, *et al.* 2007). Perubahan IG pada produk olahan garut disebabkan oleh adanya serat pangan dan pembentukan RS. RS secara teknologi dapat disiapkan dengan proses modifikasi, yang produknya disebut juga pati termodifikasi.

Salah satu jenis pati termodifikasi yang memiliki potensi yang besar untuk memberikan efek fisiologis yang menguntungkan adalah pati-garut butirat yang merupakan hasil esterifikasi antara pati garut dengan butirat anhidrida. Anison *et al.* (2003) menyatakan bahwa pati butirat dari pati jagung dapat meningkatkan konsentrasi butirat di dalam kolon hewan coba, akan tetapi efeknya terhadap konsentrasi trigliserida, total kolesterol dan kadar gula darah hingga saat ini belum dilakukan pengujian. Penelitian yang mengkaji efektivitas pati-garut butirat dalam menurunkan konsentrasi lipid dan kolesterol di dalam tubuh sampai saat ini juga belum pernah dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan data efek hipokolesterolemik dan hipoglikemik pati-garut butirat pada tikus *Sprague Dawley*.

## Metodologi

### Subyek uji

Hewan uji yang digunakan adalah tikus putih *Sprague Dawley* (SD), dengan bobot 250-300 gram, umur 2-3 bulan.

## Bahan

Bahan penelitian meliputi pati-garut butirat dengan derajat substitusi (DS) 0,053; 0,120; dan 0,187. DS dari pati ester dan pati eter adalah ukuran yang menunjukkan jumlah rata-rata gugus hidroksil dari setiap satu unit anhidroglukosa yang tersubstitusi oleh gugus lain. Setiap satu unit anhidroglukosa memiliki tiga gugus hidroksil sehingga nilai DS maksimum yang mungkin terjadi adalah 3 (Cereda *et al.*, 2003). Pati termodifikasi dengan DS 0,053 menunjukkan bahwa rata-rata terdapat 5,3 gugus hidroksil yang tersubstitusi untuk setiap 100 unit anhidroglukosa.

Bahan-bahan lainnya adalah pakan standar AIN 93M, kit kolesterol, kit glukosa, HDL precipitat, etanol. Komposisi pakan standar AIN93M (Reveas, 1997) untuk setiap satu kilogram adalah sebagai berikut: pati jagung (620,692 g), kasein (>85% protein) (140 g), sukrosa (100 g), minyak kedelai (40 g), CMC (50 g), mineral mix (AIN-93G-MX) (35 g), vitamin mix (AIN-93-VX) (10 g), L-cystein (1,8 g), choline bitartrate (2,5 g) dan tert-butylhydroquinone (8 mg).

## Cara kerja

### Penyiapan pati-garut butirat

Sintesis pati-garut butirat dilakukan dengan memodifikasi metode yang telah dikembangkan oleh Annison *et al.*, (2003). Sebanyak 100 gram pati garut didispersikan ke dalam 225 mL air suling dan kemudian diaduk selama 60 menit pada suhu 25°C. Selanjutnya ke dalam suspensi tersebut ditambahkan larutan NaOH 3,0% sampai pH-nya mencapai 10, kemudian ditambahkan butirat anhidrida dengan konsentrasi 10, 15, dan 20% untuk mendapatkan pati-garut butirat dengan DS 0,053; 0,120; dan 0,187. Pada saat penambahan butirat anhidrida, pH dipertahankan 10 dengan menambahkan larutan NaOH 3%. Setelah penambahan butirat anhidrida berakhir, suspensi dibiarkan selama 20 menit. Selanjutnya pH suspensi tersebut diturunkan sampai 4,5 dengan menggunakan larutan HCl 0,5 N. Pencucian untuk membebaskan residu butirat anhidrida. Pencucian dilakukan sebanyak tiga kali dengan menggunakan aquades dan etanol, sedangkan pemisahan antara padatan dan supernatan dilakukan dengan menggunakan sentrifuse. Padatan yang diperoleh dikeringkan pada suhu 45°C.

### Pengujian Efek Hipokolesterolemik dan Hipoglikemik

Pengujian efek hipolipidemik dan hipoglikemik pati-garut butirat dilakukan pada tikus *Sprague Dawley* (SD), dengan bobot 250-300 gram. Sebelum diberi pakan perlakuan, tikus diberi pakan standar AIN93 selama 6 hari. Pemberian pakan dilakukan secara *ad libitum*. Sisa pakan setiap hari ditimbang.

Pada hari ke-5 dilakukan injeksi aloksan dengan dosis 80 mg aloksan/1000 gram bobot tikus. Pada hari-6 dilakukan pengelompokan tikus. Tikus dibagi menjadi 5 kelompok, sehingga masing-masing kelompok terdiri atas 6 ekor tikus. Selanjutnya tikus diberi pakan sesuai dengan perlakuan dan satu kelompok diberi pakan standar AIN93M. Perlakuan yang dicobakan adalah pati-garut butirat dengan DS yang berbeda, yaitu DS 0,000; 0,053; 0,120; dan 0,187. Tikus dipelihara secara individual (satu ekor/kandang) selama 6 hari masa adaptasi dan 28 hari perlakuan.

Pada hari ke-1, 6 dan hari ke-34 dilakukan analisis kolesterol total, LDL kolesterol, HDL kolesterol, dan total trigliserida. Sedangkan analisis kadar glukosa serum darah dilakukan pada hari ke-6, 13, 20, 27 dan 34. Analisis kolesterol total dengan metode CHOD-PAP (Richmond, 1973), LDL kolesterol dengan metode CHOP-PAP (Wieland dan Siedal, 1983), analisis HDL kolesterol dengan metode CHOP-PAP (Eckal *et al.*, 1977), total trigliserida dengan metode GPO-PAP (Mc Gowan *et al.*, 1983) dan analisis kadar glukosa darah ditentukan dengan metode GOD-PAP (Barham dan Tinder, 1972). Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan metode rancangan acak lengkap.

## Hasil dan Pembahasan

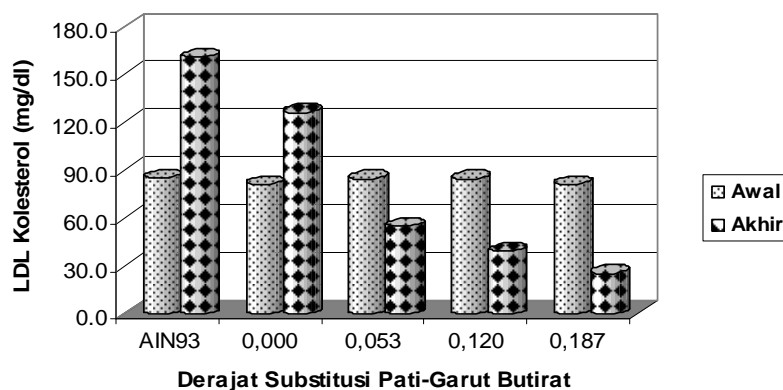
Diet pati-garut butirat pada hewan coba dapat menurunkan konsentrasi LDL kolesterol tikus dari 161,02 mg/dL pada hari ke 34 menjadi 55,09 mg/dL, 39,37 mg/dL dan 25,40 mg/dL, masing-masing untuk pemberian diet pati-garut butirat dengan DS 0,053; 0,120 dan 0,187, sedangkan konsen-

trasi LDL kolesterol dari pemberian diet pati garut alami (DS 0,000) masih cukup tinggi, yaitu sebesar 126,52 mg/dL (Gambar 1).

Dari data tersebut terlihat bahwa pati-garut butirat memiliki potensi yang besar dalam penurunan LDL kolesterol. Selain itu juga diketahui bahwa dengan makin besarnya DS potensinya untuk menurunkan LDL kolesterol makin tinggi. Peningkatan derajat substitusi dapat menyebabkan peningkatan kandungan pati tahan cerna (RS). Penurunan konsentrasi LDL kolesterol pada kelompok diet pati-garut butirat disebabkan karena pati-garut butirat memiliki kemampuan untuk mengikat asam empedu, meningkatkan viskositas isi usus halus sehingga dapat menghambat absorpsi berbagai jenis makro-nutrien, termasuk lipid, dan mereduksi absorpsi asam empedu dari usus halus melalui sirkulasi enterohepatik.

Hasil penelitian tersebut serupa dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Han *et al.*, (2004), yang menyatakan bahwa tikus yang diberi pakan RS dari kintoki secara signifikan diketahui memiliki konsentrasi total kolesterol yang lebih rendah bila dibandingkan dengan kontrol. Penurunan total kolesterol ini juga diikuti dengan penurunan konsentrasi VLDL, IDL, LDL kolesterol dan HDL kolesterol. Menurunnya konsentrasi LDL kolesterol dan HDL kolesterol merupakan faktor penting yang dapat menyebabkan menurunnya konsentrasi total kolesterol.

Efek hipokolesterolemik RS disebabkan



Gambar 1. Konsentrasi LDL kolesterol di dalam darah tikus pada berbagai derajat substitusi pati-garut butirat

oleh kemampuan RS dalam menghambat absorpsi asam empedu dan steroid netral, sehingga asam empedu dan steroid lebih banyak yang diekskresikan. Menurut Han *et al.*, (2004) bahwa tikus yang diberi pakan RS dari kintoki dapat meningkatkan mRNA *hepatic cholesterol 7 $\alpha$ -hydroxylase* dan meningkatnya asam empedu serta steroid yang diekskresikan bersama feces. Hal ini disebabkan karena kintoki memiliki karakteristik yang menyerupai serat pangan yang mampu menurunkan asam empedu yang diabsorpsi ke dalam liver melalui mekanisme sirkulasi *enterohepatic*. Selain itu tikus yang diberi pakan RS juga memiliki mRNA reseptor LDL hepatic yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan kontrol, sehingga dapat meningkatkan aktivitas LDL receptor dan SR-B1 di dalam liver.

Pemberian diet dengan pati-garut butirat dapat meningkatkan konsentrasi HDL kolesterol total tikus pada hari ke 34 dari 49,81 mg/dL menjadi 59,68 mg/dL, 67,20 mg/dL, dan 72,15 mg/dL, masing-masing dari pemberian diet pati-garut butirat dengan DS 0,053; 0,120 dan 0,187 (Gambar 2), sedangkan konsentrasi HDL kolesterol pada pemberian diet pati garut alami hanya sebesar 53,87 mg/dL.

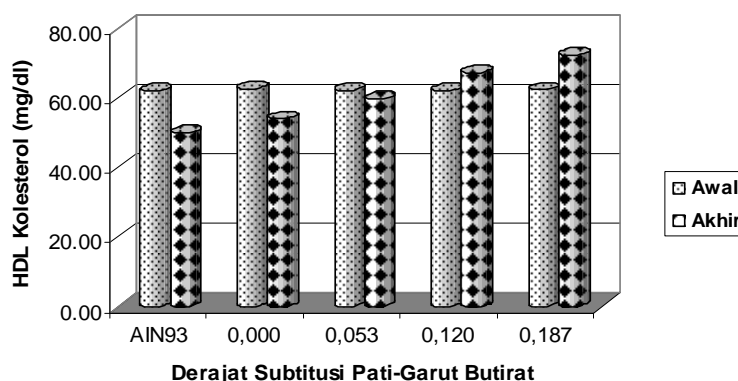
Dari data tersebut terlihat bahwa pati-garut butirat memiliki potensi yang besar dalam meningkatkan HDL kolesterol. Selain itu juga diketahui bahwa dengan makin besarnya DS potensinya untuk meningkatkan HDL kolesterol makin tinggi (Gambar 2).

Peningkatan konsentrasi HDL kolesterol pada kelompok diet pati-garut butirat disebabkan karena pengaruh pati resistan yang terdapat di dalam pati termodifikasi tersebut.

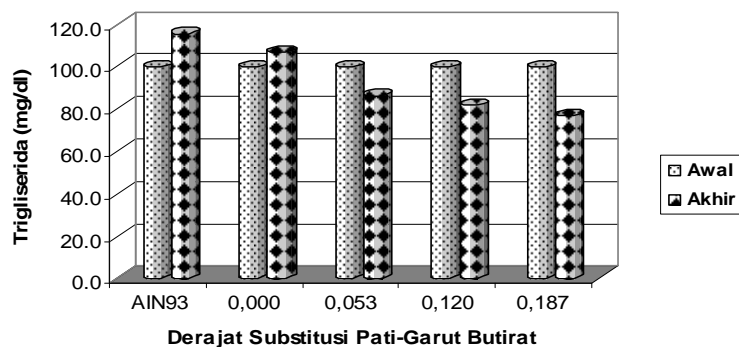
Hasil penelitian ini berbeda dengan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pemberian diet RS pada tikus diketahui dapat mereduksi konsentrasi HDL kolesterol pada tikus. Han *et al.* (2004) menyatakan bahwa tikus yang diberi pakan RS dari kintoki secara signifikan memiliki konsentrasi total kolesterol, HDL kolesterol, VLDL, IDL dan LDL kolesterol yang lebih rendah bila dibandingkan dengan kontrol. Penurunan konsentrasi HDL kolesterol pada tikus yang diberi pakan RS disebabkan karena akselerasi pengeluaran HDL melalui reseptor HDL hepatic. Hal ini disebabkan karena RS dapat meningkatkan ekspresi SR-B1 mRNA dan menurunkan konsentrasi HDL kolesterol.

Pemberian diet dengan pati-garut butirat dapat menurunkan konsentrasi trigliserida tikus pada hari ke 34 dari 115,19 mg/dL menjadi 86,17 mg/dL, 81,36 mg/dL dan 76,67 mg/dL, masing-masing dari pemberian diet pati-garut butirat dengan DS 0,053; 0,120 dan 0,187, sedangkan konsentrasi trigliserida dari pemberian diet pati garut alami (DS 0,000) masih cukup tinggi sebesar 106,67 mg/dL (Gambar 3).

Dari data tersebut terlihat bahwa pati-garut butirat memiliki potensi yang besar dalam menurunkan trigliserida. Selain itu juga diketahui bahwa makin besarnya DS



Gambar 2. Konsentrasi HDL kolesterol di dalam darah tikus pada berbagai derajat substitusi pati-garut butirat



Gambar 3. Konsentrasi trigliserida di dalam darah tikus pada berbagai derajat substitusi pati-garut butirat

potensinya untuk menurunkan trigliserida darah tikus makin tinggi (Gambar 3). Penurunan konsentrasi trigliserida pada kelompok diet pati-garut butirat kemungkinan karena pengaruh pati resistan yang terdapat di dalam pati termodifikasi tersebut. Beberapa peneliti terdahulu berpendapat bahwa serat pangan yang bersifat larut air mampu menurunkan konsentrasi trigliserida melalui penghambatan absorpsi trigliserida seperti yang dilaporkan Kashtan *et al.*, (1992) dalam Marsono (2001) bahwa relawan yang diberi diet *oat bran* mengakibatkan penurunan kadar trigliserida.

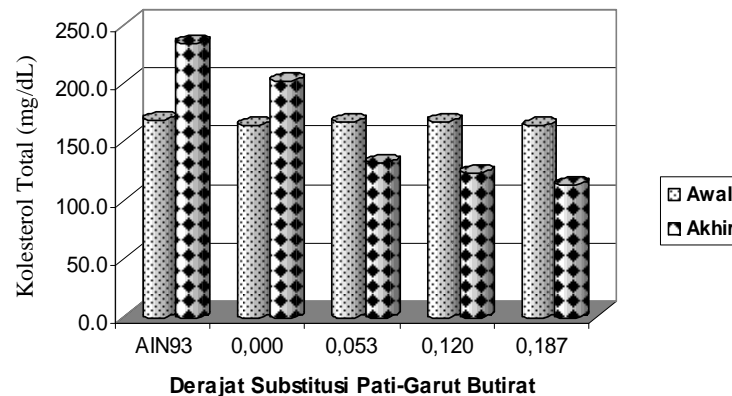
Pemberian diet pati-garut butirat dapat menurunkan konsentrasi kolesterol total pada hari ke 34 dari 233,86 mg/dL menjadi 132,01 mg/dL, 122,84 mg/dL dan 112,88 mg/dL, masing-masing dari pemberian diet pati-garut butirat dengan DS 0,053; 0,120 dan 0,187 (Gambar 4), sedangkan konsentrasi kolesterol total dari pada tikus yang diberikan diet pati garut alami (DS 0,000) masih cukup tinggi, yaitu sebesar 201,73 mg/dL. Dari data tersebut terlihat bahwa pati-garut butirat memiliki potensi yang besar dalam penurunan kolesterol.

Makin besarnya DS makin besar juga potensinya untuk menurunkan kolesterol (Gambar 4). Hal tersebut disebabkan oleh sifat viskos yang dimiliki pati-garut butirat. Polisakarida viskos dapat menghambat laju penyerapan glukosa dan sterol di usus (Wood *et al.*, 1990). Sifat viskos dipercayai menaikkan ketebalan lapisan antara makanan dan permukaan *brush-border* di dalam usus halus

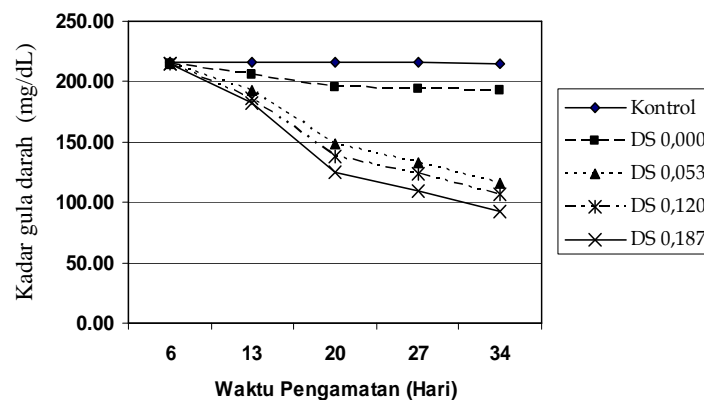
sehingga mencegah absorpsi zat gizi (O'Dea, 1990 dalam Marsono, 2001).

Menurut Kishida *et al.* (2002), pati jagung kaya amilosa (*high amylose cornstarch*, *HACS*) mengandung RS2 dan granula pati tidak tergelatinisasi resistan terhadap enzim  $\alpha$ -amilase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pati jagung kaya amilosa (HACS) dapat mereduksi konsentrasi kolesterol dan trigliserida pada tikus. Mekanisme efek hipokolesterolemik dari HACS belum diketahui secara pasti, akan tetapi efek tersebut dapat terjadi dari beberapa kemungkinan, yaitu (i) karena peningkatan asam empedu dan sterol yang diekskresikan bersama feses, (ii) peningkatan produksi asam empedu sebagai akibat dari peningkatan asam empedu yang diekskresikan bersama feses, (3) peningkatan produk hasil fermentasi, seperti asam propionat, yang dapat menghambat proses sintesis kolesterol hepatis. Peningkatan rasio molar propionat dan butirat akan berimplikasi pada penurunan rasio molar asam asetat, sehingga jumlah kolesterol yang dapat disintesis juga menurun, karena asam asetat merupakan prekursor sintesis kolesterol di dalam tubuh.

Menurut Han *et al.* (2004), efek penurunan kolesterol oleh RS sangat tergantung pada LDL reseptor, tingkat mRNA kolesterol *7 $\alpha$ -hydroxylase*, ekskresi steroid bersama feses dan kecepatan produksi asam propionat. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa RS memiliki pengaruh positif terhadap metabolisme lipid di hati.



Gambar 4. Konsentrasi kolesterol total di dalam darah tikus pada berbagai derajat substitusi pati-garut butirat



Gambar 5. Kadar gula darah tikus pada berbagai DS pati-garut butirat

Pemberian pakan pati-garut butirat cukup efektif menurunkan kadar gula darah tikus percobaan bila dibandingkan dengan yang diberi pakan standar AIN93 dan pakan pati garut alami. Pada hari ke- 6 (setelah diinjeksi aloksan) rata-rata kadar glukosa darah tikus sebesar 215 mg/dL dan kemudian pada hari ke-34 tereduksi secara signifikan masing-masing menjadi 116,13; 107,03, dan 93,07 mg/dL untuk tikus yang diberi pakan pati-garut butirat dengan DS 0,053; 0,120, dan 0,187, sedangkan yang diberi pakan standar AIN 93 kadar gula darahnya cenderung stabil (Gambar 5). Fenomena ini menunjukkan bahwa makin tinggi DS pati-garut butirat makin efektif menurunkan kadar gula darah tikus.

Pemberian pakan pati garut butirat dengan DS 0,187 mampu menurunkan kadar glukosa tertinggi selama masa pemeliharaan tikus, yaitu dari 215 mg/dL menjadi 93,07 mg/dL (hari ke-34). Hal ini dikarenakan pati-garut butirat dengan derajat substitusi yang tinggi memiliki kandungan pati resisten yang lebih banyak, dan makin banyak fraksi yang tidak terserap di dalam usus halus, sehingga konsentrasi gula darah tidak meningkat drastis. Makanan yang mengandung RS dicerna secara lambat. Lambatnya proses pencernaan RS tersebut berimplikasi terhadap kadar glukosa darah. Menurut Tester *et al.*, (2006), proses metabolisme RS memerlukan waktu 5-7 jam setelah dimakan. Hal ini berbeda dengan bila mengonsumsi pati yang dimasak yang akan tercerna dengan cepat setelah

dimakan. Pencernaan RS yang memerlukan waktu yang cukup lama dapat menurunkan glikemia postprandial dan insulinemia dan memiliki potensi untuk menimbulkan rasa kenyang yang lebih lama.

Menurut Heacock *et al.* (2004), esterifikasi pati dapat mereduksi kemampuan enzim  $\alpha$ -amilase untuk mencerna pati termodifikasi, sehingga jumlah pati yang terdegradasi menjadi glukosa juga menurun. Di samping itu, modifikasi pati juga secara signifikan dapat menurunkan kadar gula postprandial sehingga respons glukosa darah menurun. Menurut Wolever *et al.*, (1986); dan Marsono (2007), prosesing juga dapat mengakibatkan pati teretrogradasi yang lebih sulit dicerna sehingga menurunkan indeks glikemik.

## Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa diet pati-garut butirat cukup efektif

untuk menurunkan konsentrasi total kolesterol, LDL kolesterol, trigliserida, dan gula darah serum, akan tetapi dapat meningkatkan konsentrasi HDL kolesterol tikus tikus *Sprague Dawley*. Makin besar DS pati-garut butirat makin efektif untuk menurunkan konsentrasi kolesterol total, LDL kolesterol dan trigliserida pada tikus, sehingga berpotensi untuk dikembangkan sebagai makanan fungsional, terutama bagi penderita hiperkolesterolemik hiperlipidemik.

## Ucapan Terima Kasih

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada DP2M, Dirjen DIKTI, Departemen Pendidikan Nasional atas pembiayaan penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- Annison, G., Illman, R. J. and Topping, D. L. 2003. Acetylated, propionylated or butyrylated starches raise large bowel short-chain fatty acids preferentially when fed to rats. *J. Nutr.* 133 : 3523-3528.
- Behall, K. M., Scholfield, D. J. Hallfrisch, J. G. and Liljeberg-Elmstahl, H. G. M. 2006. Consumption of both resistant starch and  $\beta$ -glucan improves postprandial plasma glucose and insulin in women. *Diabetes Care* 29 : 976-981.
- Cheng, H. H and Lai, M. H. 2000. Fermentation of resistant rice starch produces propionate reducing serum and hepatic cholesterol in rats. *J. Nutr.* 130 : 1991-1995.
- Eckel, W., Stone, P., Ellis and Colwell. 1977. Cholesterol determinan in high density lipoprotein separated by three different methods, *Clinic Chem.* 23 : 882-884.
- Englyst, H. N., Kingman, S. M. and Cummings, J. H., 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. In: Asp (ed): Resistant Starch : Proceeding from the 2 nd plenary meeting of EURESTA. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46 : S33-S50.
- Han, K., Sekikawa, M., Shimada, K., Sasaki, K., Ohba, K. and M. Fukushima. 2004. Resistant starch fraction prepared from kintoki bean affects gene expression of genes associated with cholesterol metabolism in rats. *Exp Biol Med* 229 : 787-792.
- Haryadi. 2003. Amylolytic degradation sites of hydroxypropyl starch. *Proceedings Starch Update* 2003, 12 – 20 July 2003, Pattaya.
- Heacock, P. M., Hertzlera, S. R. and Wolf, B. 2004. The glycemic, insulinemic, and breath hydrogen responses in humans to a food starch esterified by 1-octenyl succinic anhydride. *Nutrition Research* 24 : 581-592
- Kishida, T., Nogami, H., Ogawa, H. and Ebihara, K. 2002. The hypocholesterolemic effect of high amylose cornstarch in rats is mediated by an enlarged bile acid pool and increased fecal bile acid excretion, not by cecal fermented products. *J. Nutr.* 132: 2519-2524.
- Marsono, Y, Wiyono, P. and Utama, Z. 2007. Indek glikemik produk olahan garut (*Maranta arundinacea* LINN). *Prosiding Seminar Nasional PATPI*, Bandung 17-18 Juli 2007.

- Marsono, Y., 2001. Resistant Starch : Pembentukan, metabolisme dan aspek gizinya (Review). *Agritech* Vol. 18 , 4 : 29 – 35.
- Marsono, Y., 2002. Indek glisemik umbi-umbian. *Agritech* 22, 1 : 13-16
- Reeves, P. G. 1997. Components of the AIN-93 Diets as Improvements in the AIN-76A Diet. *J. Nutr.* 127 : 838S–841S.
- Richmond, W. 1973. Enzymatic determination of total serum cholesterol. *J. Clinical Chem.* 19:1350-1354.
- Romero, A. L., Romero, J. E. Galaviz, S. and Fernandez, M. L. 1998. Cookies enriched with psyllium or oat bran lower plasma LDL cholesterol in normal and hypercholesterolemic men from Northern Mexico. *J. American College of Nutrition*, Vol. 17, 6 : 601–608.
- Wieland, H. and Siedal, D. 1983. Cholesterol determination. *J. Lipid* 24 : 904-905.
- Wood, P. J., Braaten, J. T., Scott, F. W., Riedel, D. and Paste. 1990. Comparison of viscous properties of oat and guar gum and the effect of these oat bran on glycemic index. *J. Agric. Food Chem.* 38 : 753-757.

---

\* Korespondensi : Ir. Damat, M.P.  
Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Malang  
Jl. Raya Tlogomas No. 246 Malang 65145  
Telepon. 0341 - 464318 email : damatumm@yahoo.co.id